

С. А. ХОМИЧ

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ УПРАВЛЕНИЯ
ЭКОСИСТЕМАМИ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМОВ**

Одним из перспективных видов рекультивации земель, нарушенных при добыче нерудных полезных ископаемых открытым способом, является водохозяйственная рекультивация.

Сущность водохозяйственной рекультивации состоит в создании на месте отработанных месторождений искусственных водоемов, вмещающими котловинами которых служат песчаные, песчано-гравийные, глинистые и карбонатные карьеры, а водная масса формируется за счет подземного, поверхностного стока и атмосферных осадков. Формирование названных аквальных систем происходит в условиях ингенсивного антропогенного воздействия, что наряду с несложившимся еще механизмом устойчивости водоемов к различного рода внешним воздействиям представляет угрозу их нормальному функционированию.

Это обстоятельство выдвигает в качестве обязательного условия, обеспечивающего устойчивое функционирование новообразованных карьерных водоемов, систему мероприятий по управлению ими. При этом управление должно базироваться на концепции установленного ранее /4/ принципиального сходства карьерных водоемов и природных лимнических систем.

Как известно, природные лимнические системы развиваются по одному из двух выявленных Т.Н.Покровской путей развития — макрофитному или фитопланктонному /3/. Наибольшей устойчивостью, способностью к длительному сохранению оптимальных параметров водной массы обладают озера продукционно-макрофитного типа. В свою очередь, тот или иной путь развития является реакцией водоема на сочетание условий, среди которых ведущее место принадлежит морфометрическим параметрам озерной котловины и особенностям водосбора.

Таким образом, решая вопрос об управлении карьерными водоемами, следует отдать предпочтение ориентации формирующихся водоемов по макрофитному пути развития. Средством достижения указанной цели может служить направленное преобразование карьера в котловину искусственного водоема с морфометрическими параметрами, способствующими формированию оптимального макрофитного типа продукционно-функциональной структуры.

Для проверки высказанных предложений в ходе пятилетних комплексных лимнологических исследований на карьерных водоемах Белоруссии особое внимание уделялось изучению влияния морфометрических параметров котловин (форма, наличие прибрежных мелководий, степень изрезанности береговой линии) на формирование продукционно-функциональной структуры водоема.

Морфометрические показатели, характеризующие форму котловин

(площадь, длина, ширина, объем водной массы, открытость, глубинность водоема), определяют особенности температурной стратификации, ее устойчивость, которая, в свою очередь, сказывается на химической, биологической неоднородности водной массы.

Данные о вертикальном распределении температур в исследованных карьерных водоемах указывают на существование в летнее время прямой температурной стратификации водных масс в наиболее глубоких карьерных водоемах (Кричев, Голубой, Лазурный, Тяково-Койтово, Верховье, Руба, Сморгонь, Гайдуковка, Мороськи) и на полное перемешивание в самых мелководных (Лиозно Южный и Лиозно Северный).

В глубоких водоемах (от 5,1 до 23 м) с невысокими значениями коэффициента открытости (от 0,61 до 3,22) — Кричев, Голубой, Тяково-Койтово, Лазурный — расслоение происходило, как правило, с образованием достаточно выраженного эпи-, мета- и гипolimниона. Мощность гипolimниона, образующегося в мелководных озерах (коэффициент глубинности варьирует от 13,2 до 22,3), изменялась от 4–5 м в карьерном водоеме Голубой до 11–12 м в карьерном водоеме Кричев. В карьерных водоемах Верховье, Гайдуковка, Мороськи, Сморгонь был выражен только эпи- и металимнион, поскольку эти водоемы по сравнению с предыдущими значительно менее глубокие (максимальные глубины изменяются от 5,4 до 9,8 м), а коэффициент открытости их котловин варьирует от 2,17 (Верховье) до 21,2 (Сморгонь).

В зимний период во всех исследованных водоемах отмечено явление обратной температурной стратификации, заключающееся в постепенном и незначительном увеличении температуры от поверхности ко дну, что связано, как и в естественных озерах, с процессами теплоотдачи дна, т.е. прямой связи между морфометрическими параметрами котловин и зимним вертикальным распределением температур в водоемах обнаружено не было.

Чтобы оценить влияние на термическое расслоение и его стабильность формы котловины в летнее время, был использован принцип, предложенный В.Р.Хомским /5/, заключающийся в сопоставлении форм котловин с геометрическими телами: цилиндром, полуэллипсоидом, параболюидом, конусом. Для этого рассчитан форменный коэффициент, представляющий собой отношение средней глубины водоема к максимальной (см. таблицу).

Некоторые морфометрические показатели карьерных водоемов

| Карьерный водоем | Глубина средняя, м | Глубина максимальная, м | Форменный коэффициент |
|------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| Кричев | 11,71 | 23,00 | 0,51 |
| Голубой | 8,44 | 14,00 | 0,60 |
| Лазурный | 3,75 | 5,10 | 0,73 |
| Верховье | 4,56 | 7,70 | 0,59 |
| Тяково-Койтово | 7,49 | 12,10 | 0,62 |
| Гайдуковка | 3,79 | 7,10 | 0,53 |
| Мороськи | 1,50 | 5,40 | 0,28 |
| Лиозно Северный | 1,74 | 3,10 | 0,56 |
| Лиозно Южный | 1,53 | 2,60 | 0,59 |
| Сморгонь | 5,78 | 9,80 | 0,59 |

В соответствии с величиной форменного коэффициента форма котловины карьерного водоема рассматривалась как подобная полуэллипсоиду ($C \approx 2/3$) — Голубой, Лазурный, Верховье, Тяково-Койтово, Лиозно Южный, Сморгонь, параболоиду ($C \sim 1/2$) — Кричев, Гайдуковка, Лиозно Северный и конусу ($C \sim 1/3$) — Мороськи. Наибольшей стабильностью системы водных слоев характеризуются водоемы, имеющие котловины, по форме приближающиеся к полуэллипсоиду, меньшей — котловины, подобные параболоиду, и совсем незначительной — конусу.

Вопрос о наличии стратификации и ее устойчивости имеет особое значение в формировании продукционно-функциональной структуры макрофитного типа, потому что устойчивая стратификация при небольшом поступлении биогенов с поверхностным стоком, изолируя от эпилимниона обогащенный в той или иной степени биогенами гипolimниальный слой воды, резко ухудшает обеспеченность фитопланктона питанием и ограничивает его продукционные возможности в водоеме, что обеспечивает более выгодные условия для освоения водоема погруженными макрофитами. Именно такие водоемы, в которых летом продукционные возможности фитопланктона ограничиваются недостатком питания, возникшим в результате устойчивого расслоения водных масс, принято называть морфометрически-олиготрофными /2/.

Самые благоприятные условия для фотосинтетической деятельности фитопланктона и поэтому неблагоприятные для продуцирования погруженных макрофитов создаются в озерах, в которых соответствующая морфометрия котловин обеспечивает на большой площади постоянное перемешивание водных масс и непрерывный вынос биогенов из придонного слоя воды в поверхностный. В таких водоемах прозрачность характеризуется небольшими величинами и погруженные макрофиты не могут распространяться вглубь, далеко отступая от берега /3/.

В водоемах с постоянным температурным расслоением водных масс, где придонные слои, обогащенные питательными веществами, попадают на поверхность лишь в периоды весенней и осенней циркуляции, а приток биогенов с поверхностным стоком ограничен, фитопланктон развивается в небольшом количестве и не составляет значительной пищевой конкуренции погруженным макрофитам.

В становлении продукционно-макрофитных систем карьерных водоемов помимо формы котловин особую роль играет наличие прибрежных отмелей и превращение их в удобные для погруженной растительности биотопы. Прибрежные мелководья должны иметь пологое с небольшим уклоном дно. Существенное значение для укоренения погруженной растительности имеет также субстрат, слагающий литоральную часть водоема. Известно, что прибрежные отмели, характеризующиеся медленным нарастанием глубин и значительной прозрачностью воды, все же слабо осваиваются погруженными макрофитами, если их дно выложено крупной галькой и камнями или подвержено волновой деятельности /3/. В качестве примера явно отрицательных последствий отсутствия зоны прибрежных мелководий можно привести карьерные водоемы Верховье и Тяково-Койтово, об-

разованные в результате заполнения грунтовыми водами отработанных месторождений доломитового сырья. Этими водоемами были унаследованы котловины, имеющие четко выраженную корытообразную форму, резкие свалы глубин у самого берега. Быстрому формированию прибрежных отмелей за счет процессов эрозии, переработки берегов препятствует медленно разрушаемый монолитный доломит, слагающий берега водоемов и их котловины. Отсутствие прибрежных мелководий делает невозможным поселение и дальнейшее распространение в названных водоемах погруженных макрофитов. В результате питательные вещества, поступающие с водосборов, не встречают на своем пути защитного барьера погруженных макрофитов и оказываются полностью в распоряжении фитопланктона, вызывая интенсивное "цветение" воды, резкое снижение прозрачности, ухудшение газового режима водоемов и другие негативные последствия фотосинтетической активности фитопланктона.

К числу морфометрических дредпосылок, также не способствующих быстрому заселению водоема погруженной водной растительностью, относится большая открытость озерных котловин, обуславливающая ветровое волнение, эрозию дна, переработку берегов. Примером водоема с очень медленно идущим заселением обширных прибрежных песчаных мелководий погруженными макрофитами может служить карьерный водоем Сморгонь, обладающий очень большой площадью (124,99 га) и очень открытой котловиной (коэффициент открытости 21,62). Долгое время литоральные участки этого водоема были заселены только редко встречающимся рдестом произеннолистным, который принадлежит к числу устойчивых к волнобою макрофитов.

Заметное влияние на формирование качества вод оказывает также изрезанность береговой линии водоема. Высокая степень изрезанности берегов в литоральной зоне приводит к спонтанному зарастанию водоема, а это ведет к заболачиванию берегов, способствует образованию славин, вызывает излишние потери воды на транспирацию. Такие участки в силу их изолированности практически не принимают участия в самоочищении воды, а, наоборот, способствуют ухудшению ее качества из-за разложения растительности после отмирания, следующего за вегетацией /1/.

Характеризующиеся высоким коэффициентом изрезанности береговой линии карьерные водоемы Верховье и Мороськи (1,21 и 1,24 соответственно) отличаются самым низким среди исследованных водоемов качеством воды. Застой воды вблизи изрезанных берегов для этих водоемов усугубляется их незначительными площадями (9,91 и 3,57 га) и малыми средними глубинами (4,56 и 1,50 м). Обратная картина наблюдается в карьерных водоемах, имеющих невысокие значения коэффициента изрезанности береговой линии (0,69-0,81), большие глубины и площади. К числу таких водоемов относятся Кричев, Голубой, Гайдуковка. Они характеризуются высокой прозрачностью, невысоким содержанием биогенных элементов в водах, отсутствием резко выраженного дефицита кислорода в придонных слоях и перенасыщения O_2 поверхностных слоев.

Результаты проведенных исследований с очевидностью свиде-

тельствуют о присущей карьерным водоемам, как и природным лимническим системам, зависимости режима водной массы от морфометрических параметров. Принимая во внимание то обстоятельство, что основные морфологические элементы котловины, призванные оказывать влияние на продукционно-функциональную структуру водоемов, формируются на этапе горнотехнической рекультивации, можно назвать конкретные исходные мероприятия по управлению новообразующимися лимническими системами. С целью ориентации карьерного водоема по макрофитному пути развития на этапе формирования котловин будущих водоемов можно предусмотреть: 1) проведение дноуглубительных работ для создания большего объема водной массы не за счет увеличения площади (это приведет к росту открытости водоема), а за счет увеличения средней глубины будущего водоема; 2) формирование мелководий литоральной зоны, имеющей пологие уклоны, оптимальное соотношение с глубоководной частью водоема (до 15% акватории по А.Б.Авакяну) и благоприятный для прикрепления высшей водной растительности грунт; 3) спрямление, выравнивание береговой линии, ликвидацию изолированных бухточек; 4) планирование и закрепление берегов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б., Эйнон Л.О. Роль высшей водной растительности в улучшении качества воды и повышении биопродуктивности водохранилищ // Гиротехническое строительство. 1984, № 9, С.57-61.
2. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР, 1960. 301 с.
3. Покровская Т.Н., Миронова Н.Я., Шилькрот Г.С. Макрофитные озера и их эвтрофирование. М.: Наука, 1983. 148 с.
4. Хомич А.А., Прокопеня В.А., Хомич С.А. Карьерные водоемы Белоруссии как объект лимнологических исследований // История озер в СССР/Тез. докл. VI Всесоюз. совещ. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1983. С. 195.
5. Хомский В.Р. Форма котловины и некоторые вопросы статики, динамики и термики водных масс озера: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Вильнюс, 1966. 26 с.
6. Шилькрот Г.С. Типологические изменения режима озер в условиях культурных ландшафтов. М.: Наука, 1979. 168 с.
7. Якушко О.Ф. Озероведение. География озер Белоруссии. Минск: Выш. шк., 1981. 223 с.